

補助事業番号 2021M-232

補助事業名 2021年度 ソフトロボティクスによる四肢の関節リハビリ運動システム開発
補助事業

補助事業者名 大阪工業大学 ロボティクス&デザイン工学部 ロボット工学科 谷口 浩成

1 研究の概要

本事業では、装置の駆動源として空気圧ソフトアクチュエータを用いた手指関節、手関節(手首)、肘関節、足関節、膝関節および股関節を対象としたリハビリ運動装置を試作し、健常者および高齢者を対象とした評価試験を行い、装置の有用性について検証した。これらのリハビリ運動装置は、空気圧ソフトアクチュエータを手指、手の甲、足部などの人体に直接作用させることで複数の運動を行うことができる点が特長である。手指・手関節リハビリ運動装置は、拇指以外の4指のMP関節と手関節(手首)の屈曲と伸展運動の実現を試みた。肘関節リハビリ運動装置では、回内、回外運動を検討した。膝関節および股関節リハビリ運動では、屈曲と伸展運動を検討した。そして、足関節リハビリ運動装置では、底屈、背屈、回内、回外を検討した。

2 研究の目的と背景

現在日本は人口の減少、高齢化が進んでいる。高齢者は、けがや病気が原因で介護が必要になる場合が多い。要介護者は、理学療法士らによる継続的なリハビリテーション(以下、リハビリと略す)が必要である。しかし、リハビリを受けたくても十分なリハビリを受けることができない「リハビリ難民」と言われる人が増加している。この問題の1つの理由として、リハビリの日数制限が考えられる。リハビリは、疾患別に1年間に受けられる日数が制限されており、それを超えると保険医療でリハビリを受けることができなくなる。この問題への対応として需要が高まっているのが、保険適用外の自費リハビリ施設である。自費リハビリ施設では、VR(仮想現実)やロボットを用いたリハビリが積極的に採用されているため、高齢化に伴いこれらの技術を用いたリハビリ装置の需要が高くなることが予想される。

このような背景を踏まえ本研究では、日常生活において重要な関節であり、かつ関節の中でも拘縮の発生頻度が高い手指関節、手関節(手首)、肘関節、足関節、膝関節および股関節を対象にしたリハビリ運動装置を開発することを目的とした。本装置には、空気圧ソフトアクチュエータを用い、高い安全性と療法士の施術に近い柔らかく包み込むようなリハビリテーション動作の実現を目指した。そして、各装置においてリハビリ運動を実現する手法を検討し、装置の試作を通じてその手法の有用性を検証した。

3 研究内容

ソフトロボティクスによる四肢の関節リハビリ運動システム開発

(<https://www.flexibleroboticslab.com/2021-22-jka>)

手指・手関節用リハビリシステムの開発では、手指・手関節運動装置および、駆動制御装置の製作を行い、これまで独立して行っていたROM訓練の4動作(MP関節及び手関節の屈曲と伸展動作)の連続実施と、使用者個人に合わせたROM訓練を用意することにより達成度の向上に取り組んだ。図1にユーザー試験の結果を示す。実験は成人男性5名で行い、MP関節の伸展と手関節の伸展動作に関しては、全ての参加者において60%以上達成していることがわかる。また、MP関節の伸展動作に関しては、平均して89%と、他と比べて高い水準となった。

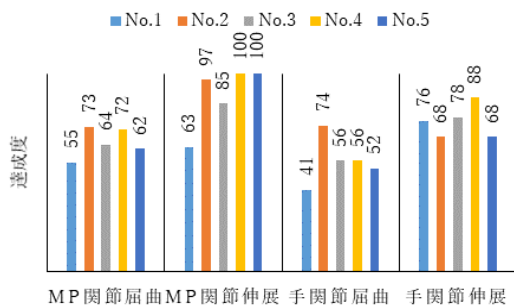


図1 手指・手関節用運動装置のユーザー試験の結果



図2 肘関節運動装置の外観

次に、肘関節用リハビリシステムの開発において試作した装置を図2に示す。本装置は前腕の回内回外運動を積層型の空気圧アクチュエータにより運動させる装置である。空気圧アクチュエータを設置台の両サイドに配置し、真ん中に手首を置いて使用する。また空気圧アクチュエータの力が外側に逃げないように、ドーム状の外枠を設置台に取り付けた。さらに手首の位置と前腕を同じ高さにするため、前腕固定台を製作、設置台に結合した。図3にユーザー試験の様子を示す。実験は20台前半の健常者10名で行い、約50度から60度前半まで、回内外運動が可能であることが明らかになった。また、従来の徒手によるROM訓練と同様の運動を実施できたことが明らかになった。

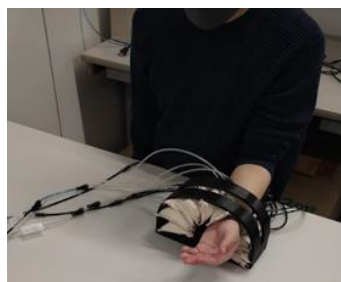


図3 肘関節用運動装置の試験の様子



図4 足関節用運動装置の試験の様子

次に、足関節用リハビリシステムの開発においては、従来装置の問題点の改善を目指した新たな装置を設計、試作し、装置の動作特性を検証した。装置の設計では、各動作方向の正常可動域とAIST人体寸法・形状データベースを使用した。設計した装置のサイズは、幅520×奥行き430×高さ890mmである。本装置は、従来装置と同様に、患者がベッドの上で仰臥位

となり、膝を伸ばした状態で使用することを想定している。図4にユーザー試験の様子を示す。実験は、高齢者を含む44歳から78歳の男女13名を対象とした。試験の結果より、徒手による運動と比較して、参加者の足関節を同程度に運動させることが可能であることを確認した。続いて、膝関節用リハビリシステムの開発では、膝関節の屈曲および伸展動作を行う装置を試作した。装置をベッドに設置し、その上に片足をのせ、足を台座に固定し、アクチュエータで大腿を押し上げることで膝関節を屈曲させる。また、アクチュエータ内の空気を排気し、下肢の自重を利用して膝関節を伸展させる。図5に実験装置を使用している様子を示す。実験は、10代の男性10名で行った。実験の結果、徒手で測定した関節の最大可動角度を100[%]としたとき、装置を用いた膝関節の屈曲は平均で約60[%]であった。最後に、股関節用リハビリシステムの開発では、足裏を押しながら屈曲運動を行い、その後膝上から押し込みながら他動し筋肉の伸長を行う方法を股関節の運動方法として検討した。実験の様子を、図6に示す。

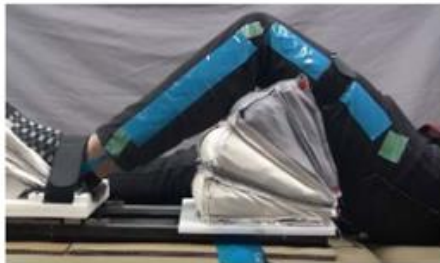


図5 膝関節用運動装置の試験の様子

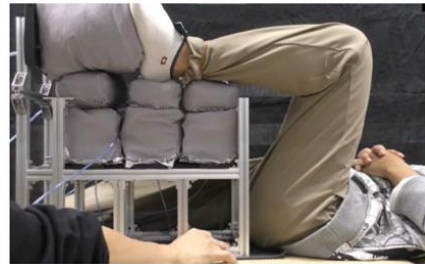


図6 股関節の運動方法の検討

4 本研究が実社会にどう活かされるか—展望

少子高齢化が進む現代社会において、先端医療機器や高機能福祉機器の市場は拡大しており、重要な成長分野として位置づけられている。このような市場において、本研究で開発するリハビリシステムは、物理療法と運動療法のどちらも提供できることから、これまでにない高機能機器として提案できる。また、怪我や病気などにより、身体機能回復のリハビリ運動を必要とする患者は年々増加傾向にある。本リハビリシステムが開発されると、病院内での利用はもとより、在宅での利用も期待できる。

5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

本研究グループでは、これまでもソフトロボティクスを活用したリハビリテーションシステムの開発を行ってきた。今回の研究では、リハビリ手法の検討、専門家および高齢者を対象とした評価が行え、実用化に向けての大きな成果を得ることができたと考えられる。

6 本研究にかかわる知財・発表論文等

- [1]. 岡本宙, 大江祥生, 谷口浩成, “空気圧ソフトアクチュエータを用いた足関節他動ROM訓練装置の提案”, 第60回日本生体医工学会大会講演論文集, pp. 820-822, 2021

- [2]. 岡本宙, 谷口浩成, “空気圧ソフトアクチュエータを用いた足関節の関節可動域訓練装置”, 第3回日本再生医療とリハビリテーション学会学術大会(JSRMR2021), DS2-6, 2021
- [3]. Hiro Okamoto and Hironari Taniguchi, “Development of Pneumatic Exercise Device for the Range of Motion in the Ankle Joint”, Proceedings of the 2022 IEEE/SICE International Symposium on System Integration (SII2022), pp. 585-589, 2022
- [4]. 石井大湖, 谷口浩成, “肘関節の回内外運動を対象とした他動運動装置の開発”, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会2022講演論文集, 2A1-A04, 2022.
- [5]. 岡本宙, 谷口浩成, “足関節の底背屈および回内外動作を提供する関節可動域訓練装置の試作”, 日本機械学会福祉工学シンポジウム2022(LIFE2022)論文集, 3P2-E1, pp.842-844, 2022.
- [6]. 石井大湖, 谷口浩成, “空気圧ソフトアクチュエータによる肘関節運動装置の試作と動作試験”, 日本機械学会2022年度年次大会講演論文集, S115-12, 2022.
- [7]. 河内聖成, 谷口浩成, 吉田周平, “空気圧ソフトアクチュエータを用いた膝関節運動装置の検討”, 2022年秋季フルードパワーシステム講演会講演論文集, pp.54-56, 2022.
- [8]. 岡本宙, 森山龍騎, 谷口浩成, “足関節運動装置の開発とユーザ評価試験”, 日本機械学会第21回機素潤滑設計部門講演会講演論文集, 1A23, 2022.
- [9]. 岡本宙, 谷口浩成, “ソフトロボティクスによるユーザー支援運動デバイスの開発”, オートメーションと計測の先端技術総合展(IIFES2022)大学高専テクニカルアカデミー研究発表奨励賞受賞, 2022.

7 補助事業に係る成果物

(1)補助事業により作成したもの

該当なし

(2)(1)以外で当事業において作成したもの

6に示した発表論文等

8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名: 大阪工業大学ロボティクス&デザイン工学部

(オオサカコウギョウダイガクロボティクス&デザインコウガクブ)

住 所: 〒530-8568

大阪府大阪市北区茶屋町1番45号

担 当 者: 准教授 谷口 浩成(タニグチ ヒロナリ)

担 当 部 署: ロボット工学科(ロボットコウガクカ)

E - m a i l: hironari.taniguchi@oit.ac.jp

U R L: <https://www.flexibleroboticslab.com/>